

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 952 333 A2**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
27.10.1999 Patentblatt 1999/43

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F02M 51/06**, F02M 47/00

(21) Anmeldenummer: 99106924.6

(22) Anmeldetag: 08.04.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 18.04.1998 DE 19817320

(71) Anmelder:  
• DaimlerChrysler AG  
70567 Stuttgart (DE)  
• Erphi-Electronic GmbH  
83607 Holzkirchen (DE)  
• P & S  
55543 Bad Kreuznach (DE)

(72) Erfinder:  
• Hoffmann, Karl-Heinz  
70619 Stuttgart (DE)  
• Öing, Heinz  
26906 Dresden (DE)  
• Renner, Gregor Dr.  
70619 Stuttgart (DE)  
• Fischer, Reinhard  
83607 Holzkirchen (DE)  
• Vogt, Günter  
1180 Rolle (CH)  
• Wobbe, Jens-Peter  
55618 Simmental (DE)

**(54) Einspritzventil für Kraftstoffeinspritzsysteme**

(57) Ein Einspritzventil (1) für ein Kraftstoffeinspritzsystem ist mit einem Injektorgehäuse (2), in welchem ein Piezostack (4) angeordnet ist, und mit einem mit dem Injektorgehäuse (2) verbundenen Ventilgehäuse (6), in dem eine mit einer Düsenadel (8) versehene Ventilverschiebeinrichtung (7) verschiebbar angeordnet ist, versehen. Die Ventilverschiebeinrichtung (7) ist durch den Piezostack (4) betätigbar. Durch eine Rückstellereinrichtung ist die Ventilverschiebeinrichtung (7)

rückstellbar. Zwischen dem Piezostack (4) und der Düsenadel (8) der Ventilverschiebeinrichtung (7) ist ein hydraulischer Folgeverstärker mit einem von dem Piezostack (4) betätigten Verdrängerkolben (21), einem dem Verdrängerkolben (21) nachgeschalteten, den Verstellweg vergrößernden Steuerkolben (22) und einem die Düsenadel (8) betätigenden und die Betätigungskraft erhöhenden Arbeitskolben (34) angeordnet.

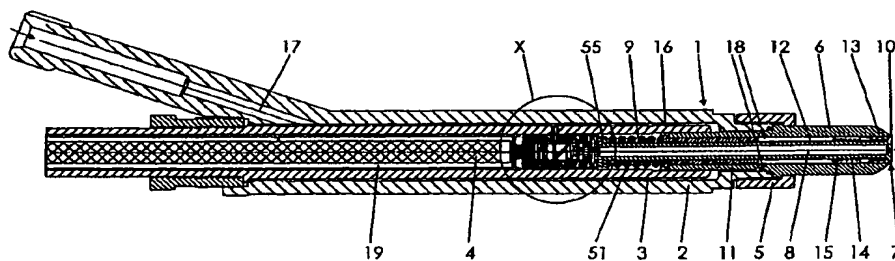


Fig. 1

EP 0 952 333 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Einspritzventil für Kraftstoffeinspritzsysteme nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art.

[0002] Ein gattungsgemäßes Einspritzventil ist aus der DE 195 19 191 C2 bekannt. Dabei ist zwischen einem Piezostack und der Düsennadel des Einspritzventiles eine hydraulische Weg-Übersetzungseinheit mit einem Verdrängerkolben und einem dem Verdrängerkolben nachgeschalteten Steuerkolben. Nachteilig dabei ist jedoch, daß bei der Wegübersetzung die Betätigungskraft für die Düsennadel zurückgeht.

[0003] In der DE 195 00 706 A1 ist ein Kraftstoff-Einspritzventil für Brennkraftmaschinen bekannt, welches einen hydraulischen Wegverstärker zur Umsetzung eines Stellweges eines piezoelektrischen Aktors aufweist. Bei diesem Ventil sind fluidzuführende und fluidabführende Kanäle voneinander getrennt, wobei das Fluid durch einen in dem Ventilgehäuse angeordneten Kanal in einen Ringraum geführt wird. Nachteilig bei diesem Einspritzventil ist jedoch, daß zwar der Weg verstärkt wird, gleichzeitig jedoch über das Hebelgesetz die Betätigungskraft verringert wird. Nachteilig ist weiterhin, daß der Kanal das Kraftstoff-Einspritzventil während der Zuführung von Kraftstoff in den Ringraum einer Biegespannung unterwirft.

[0004] Zum weiteren Stand der Technik wird auf die EP 0 218 895 B1 verwiesen, aus der ein Zumessventil zur Dosierung von Flüssigkeiten oder Gasen mit einem piezoelektrischen Stellglied bekannt ist. Auf das piezoelektrische Stellglied wirkt dabei direkt der Druck, mit welchem das Ventil beaufschlagt wird. Bei den in Kraftstoffeinspritzsystemen auftretenden Drücken von ca. 1000 bar ist eine exakte Funktion des Ventiles aufgrund von Stellwegverlusten der Ventilmadel nicht mehr gewährleistet. Nachteilig ist weiterhin auch, daß nach dem Abheben der Ventilmadel aus dem Ventilsitz der Kraftstoff durch den entstehenden Spalt unkontrollierbar in den Brennraum einspritzt.

[0005] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Einspritzventil der eingangs erwähnten Art zu schaffen, mit welchem eine Kraftstoffeinspritzung mit hoher Genauigkeit und präzise und ohne Kraftverlust durch eine Weg-Übersetzung möglich ist.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

[0007] Durch den Einsatz eines hydraulischen Folgeverstärkers in Form eines Arbeitskolbens ist es möglich, das System kräftemäßig zu entkoppeln. Dabei wird der Weg des Piezostacks auf einen Verdrängerkolben übertragen. Ein dem Verdrängerkolben nachgeschalteter Steuerkolben, der den durch den Piezostack erzeugten Stellweg vergrößert, bewegt sich mit einem vorgegebenen Übersetzungsverhältnis in Richtung Düsennadel. Über den Arbeitskolben, der die Stellkraft erhöht, erfolgt dann die Betätigung der Düsennadel.

[0008] Die erfindungsgemäße Wegverstärkung ist von der Kraft entkoppelt, weil die Kraftaufbringung für das Öffnen der Düsennadel nur über den Systemdruck, z.B. einem Raildruck, erfolgt. Da man keinen Kraftverlust in der Übersetzung bekommt, hat die Piezostackstellung auch keinen negativen Einfluß auf die Öffnung der Düsennadel.

[0009] In einer sehr vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß für einen hydraulischen Längenausgleich des Piezostacks zwischen dem Verdrängerkolben und dem Steuerkolben eine Druckausgleichskammer angeordnet ist, die einerseits mit einer Leckageleitung des Steuerkolbens und andererseits mit einer Leckageleitung des Verdrängerkolbens verbunden ist.

[0010] Die erfindungsgemäße Druckausgleichskammer mit ihrem hydraulischen Ausgleichsvolumen dient zur Kompensation von Temperatur- und Längendehnungseffekten des Piezostacks.

[0011] In einer weiteren, ebenfalls sehr vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann ferner vorgesehen sein, daß für einen hydraulischen Längenausgleich für die Düsennadel zwischen der Düsennadel und dem Arbeitskolben ein Druckstück angeordnet ist, wobei sich zwischen dem Druckstück und dem Arbeitskolben ein Längenausgleichsraum mit einer Ausgleichsfeder befindet.

[0012] Durch diese erfindungsgemäße Ausgestaltung wird ein hydraulischer Längenausgleich für die Düsennadel bedingt durch thermische und hydraulische Längenänderungen erreicht.

[0013] Das erfindungsgemäße Einspritzventil ist mit dem gleichen Wirkprinzip für sowohl nach außen als auch nach innen öffnende Düsennadeln geeignet.

[0014] Vorteilhaften Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen und aus den nachfolgend, anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschriebenen Ausführungsbeispielen.

[0015] Es zeigt:

Fig. 1 eine Gesamtdarstellung eines erfindungsgemäßen Einspritzventils,

Fig. 2 eine Ausschnittvergrößerung des Kreises „X“ in der Fig. 1,

Fig. 3 einen Schnitt durch ein Einspritzventil mit einer nach innen sich öffnenden Düsennadel, und

Fig. 4 eine Ausschnittvergrößerung des Kreises „Y“ in der Fig. 3.

[0016] Das in der Figur 1 dargestellte Einspritzventil 1 weist ein Injektorgehäuse 2, eine Piezoführung 3, in welcher ein Piezostack 4 angeordnet ist, und ein mit dem Injektorgehäuse 2 mittels einer Überwurfmutter 5

verbundenes Ventilgehäuse 6 auf. In dem Ventilgehäuse 6 ist eine Ventilverschleißeinrichtung 7 verschiebbar angeordnet.

[0017] Die Ventilverschleißeinrichtung 7 weist einen Stößel 8 als Düsenadel mit einem Ventilschaft 9 auf, in welchem der Stößel 8 eingepaßt ist.

[0018] An dem dem Brennraum zugewandten Ende des Ventilschaftes 9 ist ein Dichtglied in Form eines Absatzes 10 vorgesehen. Das Ventilgehäuse 6, der Absatz 10 und eine mit dem Ventilschaft 9 fest verbundene Trenneinrichtung, die als Druckausgleichszylinder 11 ausgebildet ist, bilden einen im Betrieb mit Kraftstoff gefüllten Ringspalt 12. Aus dem Ringspalt 12 wird bei geöffnetem Ventil 1 eine genau dosierte Kraftstoffmenge in einen Brennraum, der in der Zeichnung nicht dargestellt ist, eingespritzt. Hierzu dient ein Durchflußbegrenzer 13, der mit einer Federeinrichtung 14 an eine Querschnittsfläche des Absatzes 10 des Ventilschaftes 9 gedrückt wird. Die Federeinrichtung 14 stützt sich an einem zylinderförmigen Anschlag 15 ab.

[0019] Zwischen der Piezoführung 3 und dem Injektorgehäuse 2 ist ein Ringraum 16 gebildet, in den eine dem Ventil 1 kraftstoffzuführende Leitung 17 mündet. Von hier aus strömt der Kraftstoff über Bohrungen 18 in den Ringspalt 12.

[0020] Der Piezostack 4 liegt vollständig im Niederdruckbereich von kraftstoffabführenden Kanälen und wird somit nicht durch den mit sehr hohem Druck zugeführten Kraftstoff in seiner Wirkungsweise beeinträchtigt. Die Rückströmung von Kraftstoff erfolgt in diesem Druckbereich in einer Längsnut 19, wo es an dem von dem Brennraum abgewandten Ende des Piezostacks 4 aus dem Ventil 1 austritt.

[0021] Wird der Piezostack 4 mit einer Steuerspannung beaufschlagt, so bewirkt dies in bekannter Weise eine Längung des Piezostacks 4, womit die Ventilverschleißeinrichtung 7 öffnet, da zwischen dem Absatz 10 des Ventilschaftes 9 und einem Ventilsitz 6 bzw. dem Durchflußbegrenzer 13 ein entsprechender Spalt entsteht. Zur Beendigung des Einspritzvorganges wird die Steuerspannung abgeschaltet, womit sich der Piezostack 4 entsprechend wieder auf seine ursprüngliche Länge verkürzt. Die Rückstellung der Düsenadel 8 bewirkt eine Düsenadelfeder 51, die sich an einem Ringbund 55 der Düsenadel 8 abstützt.

[0022] Aus der Fig. 2 wird die Kraftübertragung von dem Piezostack 4 auf die Düsenadel 8 zu dessen Öffnung ersichtlich. Der Piezostack 4 ist von einem mit einer stirnseitigen Dichtkappe versehenen Schutzrohr 20 umgeben. Die Dichtkappe des Schutzrohres 20 ist in axialer Richtung zwischen dem Piezostack 4 und einem Verdrängerkolben 21 angeordnet und betätigt somit diesen bei einer Längung des Piezostacks 4. In axialer Richtung vor dem Verdrängerkolben 21 - bezogen auf den Brennraum - befindet sich ein Steuerkolben 22. Der Steuerkolben 22 besitzt eine kleinere wirksame Druckfläche wie der Verdrängerkolben 21. Die hydraulischen Übersetzungsverhältnisse ergeben sich aus den unter-

schiedlichen Geometrien bzw. Durchmesserhältnissen von Verdrängerkolben 21 und Steuerkolben 22. Durch mehrere hintereinander angeordnete Tellerfedern 23, die sich in einer Druckausgleichskammer 24 befinden, wird eine Piezostackvorspannung erreicht. Der Druckausgleichsraum 24 ist mit Prüfol oder mit Kraftstoff gefüllt. Die Füllung bzw. ein Druckausgleich erfolgt über gezielte Leckagen zwischen dem Steuerkolben 22, dem Verdrängerkolben 21 und dem umgebenden Zylindergehäuse 25. In das Zylindergehäuse 25 mündet ein Zulauf 26, der mit dem Zulaufraum 16 in Verbindung steht. Auf diese Weise ist das Zylindergehäuse 25 axial und verdrehsicher angeordnet. Durch das vorgegebene Übersetzungsverhältnis zwischen dem Verdrängerkolben 21 und dem Steuerkolben 22 wird der Steuerkolben 22 mehr bewegt als der Verdrängerkolben 21.

[0023] Von dem Zulauf 26 aus wird über eine Ringnut 27 und eine Schrägbohrung 28, die in dem Steuerkolben 22 angeordnet sind, ein Ringraum 29 mit Systemdruck (Raildruck) aus dem Ringraum 16 beaufschlagt. Der Ringraum 29 wird zwischen dem Steuerkolben 22 und einer Schiebehülse 30 gebildet.

[0024] Erhält der Piezostack 4 eine Steuerspannung; so werden in Pfeilrichtung B das Schutzrohr 20, der Verdrängerkolben 21 und der Steuerkolben 22 verschoben, wobei sich eine Vorsteuerkante 31 zwischen dem Steuerkolben 22 und der Schiebehülse 30 öffnet, womit eine Hochdruckverbindung über den Ringraum 29 zu einer Bohrung 32 in der Schiebehülse 30 geschaffen wird und damit zu einem damit verbundenen Arbeitszylinder bzw. Arbeitsdruckraum 33, der radial zwischen der Schiebehülse 30 mit einer Rücklaufsteuerkante 36 und dem Zylindergehäuse 25 und axial zwischen einer Stirnwand des Zylindergehäuses 25 und einem Arbeitskolben 34 angeordnet ist. Durch die Beaufschlagung des Arbeitsdruckraumes 33 mit Hochdruck wird der Arbeitskolben 34 weggleicht dem Steuerkolben 22 in Pfeilrichtung B verschoben. Aufgrund der Vorspannfeder 35 folgt die Schiebehülse 30 dem Arbeitskolben 34 und dichtet mit der Rücklaufsteuerkante 36 den Druckraum 33 ab. Die Schiebehülse 30 folgt dem Arbeitskolben 34 solange, bis sie wieder auf die Vorsteuerkante 31 zwischen dem Steuerkolben 22 und der Schiebehülse 30 trifft bzw. diese Steuerkante absperrt. Dadurch ist der Arbeitsdruckraum 33 hydraulisch dicht und der Arbeitskolben verharrt in dieser Position. Wie ersichtlich, gibt der Verdrängerkolben 21 den Weg für den aus dem Verdrängerkolben 21, dem Steuerkolben 22, der Schiebehülse 30 und dem Arbeitskolben 34 bestehenden Folgeverstärker vor, der anschließend auf die Düsenadel 8 umgesetzt wird.

[0025] Aufgrund der Durchmesserunterschiede der wirksamen Kolbenflächen zwischen dem Verdrängerkolben 21 und dem Steuerkolben 22 erhält man den größeren Weg des Steuerkolbens 22.

[0026] Wird die Steuerspannung von dem Piezostack 4 zurückgenommen, wird der Verdrängerkolben 21

durch die Tellerfedern 23 zurückgedrückt. Die Volumen-  
zunahme in der Druckausgleichskammer 24 ermöglicht  
es der Rückstellfeder 52, die zwischen der Düsennadel  
8 und einer axialen stirnseitigen Vertiefung des Steuer-  
kolbens 22 vorgespannt ist, den Steuerkolben 22 mit  
der Schiebehülse 30 entgegen der Pfeilrichtung B  
zurückzubewegen. Dadurch entsteht ein Ringspalt 38  
zwischen Rücklaufsteuerkante 36 und Arbeitskolben  
34, der es ermöglicht, daß aus dem Arbeitszylinder 33  
Öl abfließt in Richtung Druckstück 42 und weiter in die  
Längsnut 19. Dieser Volumenabfluß ermöglicht, daß  
der Arbeitskolben 34 wieder in seine Ausgangslage  
zurückgeht.

[0027] Ein hydraulischer Längenausgleichsraum 39  
für die Düsennadel 8, bedingt durch thermische und  
hydraulische Längenänderungen, wird auf diese Weise  
durch das Zylindergehäuse 25, den Arbeitskolben 34,  
der Ausgleichsfeder 40, der Ausgleichsbohrung 41 und  
dem Druckstück 42 gebildet. Längenänderungen und  
dadurch Volumenänderungen werden durch die Boh-  
rung 41 kompensiert. Auf diese Weise liegt auch dann,  
wenn z.B. die Düsennadel 8 gestaucht ist, der Arbeits-  
kolben 34 definiert immer an der Rücklaufsteuerkante  
36 an.

[0028] Das Schutzrohr 20 hat die Aufgabe dafür zu  
sorgen, daß der Piezostack 4 nicht mit Kraftstoff in  
Berührung kommt.

[0029] Ein hydraulischer Längenausgleich des Pie-  
zostacks 4 wird über die gezielte Leckage des Steuer-  
kolbens 22 und einer am Außendurchmesser des  
Verdrängerkolbens 21 eingearbeiteten Kapillare  
erreicht, über die Leckage in die Rückleitung bzw. die  
Längsnut 19 gelangt.

[0030] Praktisch liegen zwei Systeme vor, einmal auf  
der Piezostackseite und einmal auf der Düsennadel-  
seite, wobei die Teile stets unter Vorspannung stehen  
und damit immer ein Kontakt gewährleistet ist und zwar  
unabhängig von Längendehnungseffekten oder Tempe-  
raturdifferenzen. Wichtig ist hierzu auch, daß der Lecka-  
gezulauf in die Druckausgleichskammer 24 etwa der  
Menge entspricht, die über die Leckageleitung in dem  
Verdrängerkolben 21 (Kapillare) aus ihr abläuft.

[0031] Dies bedeutet auch, daß der Druck in der  
Druckausgleichskammer 24 kleiner sein muß als die  
Federkraft der Rückstellfeder 52. Die Tellerfedern 23  
sorgen dabei dafür, daß der Verdrängerkolben 21  
immer an dem Piezostack 4 anliegt und damit der Pie-  
zostack 4 gleichzeitig vorgespannt ist.

[0032] Die mechanische Leistungsfähigkeit des Pie-  
zostacks 4 wird ausschließlich für die Ventilpositionie-  
rung verwendet. Dies bedeutet mit anderen Worten,  
daß die Kraftverstärkung mit dem Piezostack 4 direkt  
nichts zu tun hat. Es wird also nicht die Piezokraft für die  
Betätigung der Düsennadel 8 verwendet, sondern  
alleine der Druck, der in dem Druckraum des Arbeitszy-  
linders 33 aufgebracht wird, und dieser Druck entspricht  
proportional der Stellkraft.

[0033] Das vorstehend beschriebene Ausführungs-

beispiel bezog sich auf eine Düsennadel 8, die nach  
außen öffnet, wobei die Wegrichtung des Piezostacks 4  
der Wegrichtung der Düsenöffnung entspricht. Es ist  
vorteilhaft, den Leckabfluß über die Längsnut 19 auf 3  
bis 5 bar Gegendruck zu halten (Hohlraumbildung,  
Kavitation).

[0034] In den Figuren 3 und 4 ist ein Einspritzventil  
dargestellt, bei dem die Düsennadel 8' zum Einspritzen  
von Kraftstoff nach innen öffnet. Dies bedeutet, die  
Betätigungsrichtung des Piezostacks 4' ist umgekehrt  
zur Betätigungsrichtung der Düsennadel 8'. Bei diesem  
Ausführungsbeispiel sind für die Teile, die die gleiche  
Funktion haben wie die bei dem Ausführungsbeispiel  
nach den Figuren 1 und 2 auch die gleichen Bezugszei-  
chen - mit einem entsprechenden Index versehen - ver-  
wendet.

[0035] Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel  
nach der Fig. 1 ist zum Zuführen von Raildruck keine  
Ringleitung 16 vorgesehen, sondern eine Stichleitung  
43. Für den Rücklauf von Kraftstoff ist eine Leckagelei-  
tung 44 vorgesehen. Die Piezovorspannung kann wie-  
der in der Druckausgleichskammer 24' durch Teller,  
oder Spiralfedern 23', eingestellt werden. Bei diesem  
Einspritzventilsystem muß ja eine Wegumkehr stattfin-  
den, wenn der Piezostack 4' betätigt wird. In diesem Fall  
ist der Raum, in welchem sich eine Feder 56 befindet,  
nur ein Entlüftungsraum. Die Druckausgleichskammer  
24' hingegen wird bei einer Steuerspannung 4' zusam-  
mengedrückt. Darüber wirkt in der Druckausgleichs-  
kammer 24' eine Durchmesserdivergenz. Die  
unterschiedlichen Durchmesser der wirksamen Kolben-  
flächen des Verdrängerkolbens 21' und des Steuerkol-  
bens 22' um die gewünschten Übersetzungs-  
verhältnisse und damit einen größeren Weg des Steuer-  
kolbens 22' zu erreichen, ergeben sich aus einer klei-  
neren wirksamen Stirnfläche 46, die in Richtung  
Piezostack 4' wirkt, im Vergleich zu einer wirksamen  
Stirnfläche von 21', die in Richtung Düsennadel 8'  
gerichtet ist. Wird durch eine Steuerspannung 4' die  
Druckausgleichskammer 24' verkleinert, findet ein  
Druckaufbau in diesem Raum statt, der den Steuerkol-  
ben 22' entgegengesetzt zur Wirkrichtung des Pie-  
zostack 4' in Pfeilrichtung C betätigt. Bei dieser  
Verschieberichtung des Steuerkolbens 22' nimmt er die  
Schiebehülse 30' ebenfalls in Richtung C mit. Durch  
diese Verschiebung findet eine Entlastung in einem  
Arbeitszylinder 33' statt, der dem Arbeitszylinder nach  
dem Ausführungsbeispiel der Figuren 1 und 2 ent-  
spricht. Die Druckentlastung in dem Arbeitszylinder 33'  
findet in die Leckageleitung 44 über Bohrungen 48 in  
dem Arbeitskolben 34' statt. Da man bei diesem Aus-  
führungsbeispiel eine Wegumkehr hat, bedeutet dies,  
daß die Vorsteuerkante 31' zur Schließung der Düsen-  
nadel 8' führt und die Rücklaufsteuerkante 36' zwischen  
der Schiebehülse 30' und dem Arbeitskolben 34' zur  
Öffnung der Düsennadel 8' führt und damit eine Verbin-  
dung zwischen der Zuleitung 43 und Einspritzlöchern  
49 zur Kraftstoffeinspritzung geschaffen wird.

[0036] Zur Schließung der Einspritzlöcher 49 nach Entfernen der Steuerspannung von dem Piezostack 4' erfolgt über die Vorsteuerkante 31' wieder ein Druckaufbau in dem Arbeitszylinder 33', da die Schiebehülse 30' mit Rücklaufsteuerkante 36' auf den Arbeitszylinder 34' aufläuft und damit die Verbindung zu der Leckageleitung 44 unterbricht. Dies bedeutet, wenn die Düsennadel 8' sich in ihrer Schließstellung befindet, steht in dem Druckraum des Arbeitszylinders 33' stets der volle Systemdruck an, denn über die Vorsteuerkante 31' in Verbindung mit dem Zulauf 26' und einem Ringraum 50 zwischen der Schiebehülse 30' und dem Steuerkolben 22' wird der Druckraum des Arbeitszylinders 33' über Schrägbohrungen 53 in der Schiebehülse 30' mit dem vollen Systemdruck versehen. Verschiebt sich nämlich der Arbeitskolben 34' geringfügig, so öffnet sich sofort die Vorsteuerkante 31' und stellt damit die Verbindung zur Hochdruckseite über diese Kante her. Nur wenn der Steuerkolben 22' in Richtung C aufgrund einer Steuerspannung des Piezostacks 4' verschoben wird, baut sich der Druck in dem Arbeitszylinder 33' entsprechend ab und die Düsennadel 8' kann zur Einspritzung von Kraftstoff öffnen.

[0037] Die Kraftstoffversorgung für die Druckausgleichskammer 24' erfolgt über einen Verbindungskanal 54 in dem Steuerkolben 22' zum Zulauf 26 über einen Bund in dem Steuerkolben 22'.

[0038] Ebenso wie durch die Spiralfeder 35 bei dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 erfolgt eine Anpressung der Schiebehülse 30' durch eine Tellerfeder 35' an den Arbeitskolben 34'. Die Rückstellung des Steuerkolbens 22' erfolgt durch eine Tellerfeder 52', die sich an dem Verdrängerkolben 34' abstützt.

[0039] Es ist auch hier von Vorteil, den Leckölabfluß über die Längsnut 19 auf 3 bis 5 bar Gegendruck zu halten.

#### Patentansprüche

1. Einspritzventil für Kraftstoffeinspritzsysteme, mit einem Injektorgehäuse, in welchem ein Piezostack angeordnet ist, und einem mit dem Injektorgehäuse verbundenen Ventilgehäuse, in dem eine mit einer Düsennadel versehene Ventilverschließeinrichtung verschiebbar angeordnet ist, welche durch den Piezostack betätigbar ist, wobei eine Rückstelleinrichtung vorgesehen ist, mittels der die Ventilverschließeinrichtung rückstellbar ist, und wobei zwischen dem Piezostack und der Düsennadel der Ventilverschließeinrichtung ein von dem Piezostack betätigter Verdrängerkolben und ein dem Verdrängerkolben nachgeschalteter, den Verstellweg vergrößernden Steuerkolben angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß für eine hydraulische Folgeverstärkung ein die Düsennadel (8) betätigender und die Betätigungskraft erhöhenden Arbeitskolben (34) vorgesehen

ist.

2. Einspritzventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die wirksame Druckfläche des Steuerkolbens (22) kleiner ist als die des Verdrängerkolbens (21).
3. Einspritzventil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Steuerkolben (22) und dem Arbeitskolben (34) eine Schiebehülse (30) angeordnet ist, an der eine Vorsteuerkante (31) und eine Rücksteuerkante (36) zum Druckaufbau und zum Druckabbau in einem zwischen dem Steuerkolben (22) und dem Arbeitskolben (34) angeordneten Arbeitsraum eines Arbeitszylinders (33) vorgesehen sind.
4. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Piezostack (4) und der Düsennadel (8) mindestens eine Vorspanneinrichtung (23,40) angeordnet ist.
5. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß für einen hydraulischen Längenausgleich des Piezostack (4) zwischen dem Verdrängerkolben (21) und dem Steuerkolben (22) eine Druckausgleichskammer (24) angeordnet ist, die einerseits mit einer Leckageleitung des Steuerkolbens (22) und andererseits mit einer Leckageleitung des Verdrängerkolbens (21) verbunden ist.
6. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß für einen hydraulischen Längenausgleich für die Düsennadel (8) zwischen der Düsennadel (8) und dem Arbeitskolben (34) ein Druckstück (42) angeordnet ist, wobei sich zwischen dem Druckstück (42) und dem Arbeitskolben (34) ein Längenausgleichsraum (39) mit einer Ausgleichsfeder (40) befindet.
7. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer nach innen, entgegen der Piezobetätigung sich öffnenden Düsennadel (8) eine Wegumkehr zwischen dem Verdrängerkolben (21) und dem Steuerkolben (22) stattfindet.
8. Einspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Piezostack (4) von einer Piezoführung (3) umgeben ist.
9. Einspritzventil nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Piezoführung (3) und dem Injektorge-

häuse (2) ein Ringraum (16) gebildet ist, in den eine Kraftstoffzuleitung (17) mündet.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

6

